电机作业题第九章

9.1

解：效率为 $\eta = \dfrac{P_N}{\sqrt{3}U_N I_N \cos\theta_N} = \dfrac{7.5\times10^3}{\sqrt{3}\times380\times16.4\times0.78} = 0.891$

9.4

解：

（1）已知额定转速为 $1457\,r/\min$，因为额定转速略低于同步转速，

故该机的同步转速为 $n_1 = 1500(r/\min)$

极对数为 $p = \dfrac{60f}{n_1} = \dfrac{60\times50}{1500} = 2$

额定时转差率为 $s_N = \dfrac{n_1 - n}{n_1} = \dfrac{1500-1457}{1500} = 0.0287$

（2）额定输入功率为 $P_1 = \dfrac{P_2}{\eta} = \dfrac{90}{0.895} = 100.559(kW)$

额定输入电流为 $I_{1N} = \dfrac{p_1}{\sqrt{3}U_{1N}\cos\theta_N} = \dfrac{100.559\times10^3}{\sqrt{3}\times3000\times0.86} = 22.503(A)$

额定输出转矩 $T_2 = \dfrac{P_2}{\Omega} = \dfrac{90\times10^3}{\dfrac{2\pi\times1457}{60}} = 590.167(N\bullet m)$

（3）求归算变比先计算每相有效匝数

定子每相槽数 $q = \dfrac{Z_1}{2pm_1} = \dfrac{48}{2\times3\times3} = 4$

定子槽距角 $\alpha = \dfrac{p\times360^0}{Z_1} = \dfrac{2\times360^0}{48} = 15^0$

定子绕组因数 $K_d = \dfrac{\sin q\dfrac{\alpha}{2}}{q\sin\dfrac{\alpha}{2}} = \dfrac{\sin30^0}{4\sin7.5^0} = 0.95766$

$\tau = \dfrac{z}{2p} = 12$

$\beta = \alpha(\tau - y) = 30^0$

$$k_P = \cos\frac{\beta}{2} = 0.966$$

$$k_{N1} = k_p k_d = 0.925$$

定子绕组每相匝数 $N_1 = pqN_c = 2\times 4\times 40 = 320$

电动势变比 $K_e = 2N_1 K_{N1} = 2\times 320\times 0.925 = 592$

电流变比 $K_i = \dfrac{2pm_1 N_1 K_{N1}}{Z_2} = \dfrac{2\times 2\times 3\times 320\times 0.925}{60} = 59.2$

阻抗变比 $K_e K_i = 35046.4$

（4）额定时电动势为 $E_1 = 0.9U_1 = 0.9\times\dfrac{3000}{\sqrt{3}} = 1558.846(V)$

每极磁通 $\Phi_m = \dfrac{E_1}{4.44 f_1 N_1 k_{N1}} = 0.0237$

气隙磁密最大值 $B_m = \dfrac{\pi}{2}\dfrac{\Phi_m}{l\tau} = 0.752(T)$

（5）转子每相槽数 $q = \dfrac{Z_2}{2pm_2} = 5$

转子槽距角 $\alpha = \dfrac{p\times 360^0}{Z_2} = 12^0$

绕组因数 $K_{d2} = \dfrac{\sin q\dfrac{\alpha}{2}}{q\sin\dfrac{\alpha}{2}} = 0.9567$

$$k_{P2} = 1$$

$$k_{N1} = k_p k_d = 0.9567$$

转子绕组每相匝数 $N_2 = \dfrac{60}{3} = 20$

每相转子感应电动势 $E_2 = 4.44 s f_1 N_2 K N_2 \Phi_m = 2.89$

转子电动势的频率 $f_2 = s f_1 = 0.0287\times 50 = 1.4335(Hz)$

（6）定子基波旋转磁动势的振幅 $\dfrac{3}{2}F_m = \dfrac{3}{2}\times 0.9\times\dfrac{N_1 k_{N1}}{p} I = 4495.5$

9. 5

解：额定转差率 $s_N=\frac{n_1-n}{n_1}=\frac{1000-975}{1000}=0.025$

设以 $\dot{U}_1$ 为参考轴，则 $\dot{U}_1=1000\sqrt{3}\angle 0^0$

（1）应用 T 形等效电路计算

定子电流：$I_1=\frac{U_1}{Z_1+\frac{Z_2'Z_m}{Z_2'+Z_m}}=100.4\angle -30.39^\circ$

转子电流：$-I_2'=\frac{I_1Z_m}{Z_2'+Z_m}=88.45\angle 49.00^\circ$

（2）应用较准确近似等效电路计算

修正系数：$C_1=1+\frac{X_1}{X_m}=1.04$

转子电流：$-I_2'=\frac{U_1}{(r_1+c_1\frac{r_2'}{s})+j(x_1+c_1x_2')}=88.50\angle -12.03^\circ$

励磁电流：$I_m'=\frac{U_1}{(r_1+r_m)+j(x_1+x_m)}=33.99\angle -84.27^\circ$

定子电流：$I_1=I_{\mathrm{m}}'-\frac{I_2'}{c_1}=100.8\angle -30.76^\circ \mathrm{A}$

（3）应用简化等效电路计算

转子电流：$-I_2'=\frac{U_1}{(r_1+\frac{r_2'}{s})+j(x_1+x_2')}=91.88\angle -12.25^\circ$

励磁电流：$I_m'=\frac{U_1}{(r_1+r_m)+j(x_1+x_m)}=33.99\angle -84.27^\circ$

定子电流：$I_1=\mathrm{I}_{\mathrm{m}}'-I_2'=107.4\angle -29.78A$

9-6

解：

（1） 电磁功率;：$P_m=P_1-P_{cu1}-P_{fe}=6.32\times 10^3-341-16.75=5811.5w$

内功率：$P_i = P_m - P_{cu2} - P_{fe} = 5811.5 - 237.5 = 5574w$

输出功率：$P_2 = P_i - P_{mec} - P_{ad} = 5574 - 45 - 29 = 5500w$

电机效率：$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{5500}{6.32 \times 10^3} = 87.03\%$

（2） 转差率：$S = \frac{P_{cu2}}{P_m} = \frac{237.5}{5811.5} 0.041$

同步转速：$n_1 = \frac{60f}{p} = 1500r/\min$

由 $S_N = \frac{n_1 - n}{n_1}$ 可得 $\frac{1500 - n}{1500} = 0.041$

额定转速为 n=1439 r/min

（3）电磁转矩：$T = \frac{Pi}{\Omega} = 5574 \times \frac{60}{2\pi \times 1439} = 37.00N \bullet m$

机械转矩：$T_2 = \frac{P2}{\Omega} = 36.52N \bullet m$

9-7

解：（1）转差率：$S = \frac{n_1 - n}{n} = 0.033, p = \frac{60f}{n} = 2$

用较准确的近视等效电路计算

转子电流：$I_2' = \frac{U_1}{(r_1 + c_1 \frac{r_2'}{s}) + j(x_1 + c_1 x_2')} = 15.42\angle -14.22^\circ$

励磁电流：$I_m' = \frac{U_1}{(r_1 + r_m) + j(x_1 + x_m)} = 4.89\angle -82.80^\circ$

定子电流：$I_1 = I_{\mathrm{m}}' - \frac{I_2'}{c_1} = 17.23\angle -29.54^\circ$

输入功率：$P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos\varphi_1 = 17089w$

电磁功率：$P_m = m_1 I_2'^2 \frac{r_2'}{s} = 15879w$

定子铜耗：$P_{cu1} = m_1 I_1^2 r_1 = 661w$

定子铁耗：$P_{fe} = m_1 I_m^2 r_m = 646w$

转子铜耗：$P_{cu2}=m_1I_2'^2r_2'=529w$

（2） 最大转矩：$T_m=\frac{m_1p}{\omega_1}\frac{U_1^{\ 2}}{2c_1[r_1+\sqrt{r_1^{\ 2}+(x_1+c_1x_2')^2}]}=193.79N\bullet m$

额定转矩：$T_N=\frac{m_1p}{\omega_1}U_1^{\ 2}\frac{\frac{r_2'}{S_N}}{(r_1+\frac{c_1r_2'}{S_N})^2+(x_1+c_1x_2')^2}=101.05N\bullet m$

过载能力：$k_m=\frac{T_m}{T_N}=1.918$

临界转差率：$S_k=\frac{c_1r_2'}{\sqrt{r_1^{\ 2}+(x_1+c_1x_2')^2}}=0.127$

（3） 由 Sk=1 得：$r_2''=\frac{\sqrt{r_1^{\ 2}+(x_1+c_1x_2')^2}}{c_1}=5.936$

$r_{2\Delta}'=r_2''-r_2'=5.936-0.742=5.194$

9-8

解：（1）$n_1=\frac{60f}{p}=750r/\min$ $S_N=\frac{n_1-n_N}{n_1}=0.037$

由简化转矩公式 $S_k=S_N(K_m+\sqrt{K_m^{\ 2}-1})=0.148$

（2） $T_N=\frac{P_N}{2\pi\frac{n_1}{60}}=3439N\bullet m$ $T_m=K_m\bullet T_N=7325.19N\cdot m$

由 $T=T_m\frac{2S}{S_K}$ 可得

S=0.01 时 T=989.89Nm S=0.02 时 T=1979.78Nm

S=0.03 时 T=2969.67Nm

9-10

解：

（1）$P_M=P_2+P_{mec}+P_{ad}+P_{cu2}=155.9kw$

额定转差率：$S_N=\frac{P_{cu2}}{P_M}=0.014$

同步转速：$n_1=\frac{60f}{p}1500r/\min$

额定转速：$n_N = (1-S_N)n_1 = 1479r/\min$

（2） $P_i = P_M - P_{cu2} = 153.7kw$

电磁转矩：$T = \frac{P_i}{\Omega} = 992.38N \cdot m$

（3） $U_1 = \frac{380 \times (1-20\%)}{\sqrt{3}} 175.5V$

最大转矩：$T_m = \frac{m_1 p}{\omega_1} \frac{U_1^{\ 2}}{2[r_1 + \sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}]} = 2137.9N \cdot m$

临界转差率：$S_k = \frac{r_2'}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}} = 0.096$

负载转矩：$T_2 = \frac{P_2}{\Omega} = 968.49N \cdot m$

由 $\frac{T}{T_m} = \frac{2 + 2S_k}{\frac{S}{S_k} + \frac{S_k}{S} + 2S_k}$ 可得 $\frac{968.49}{2137.9} = \frac{2 + 2 \times 0.096}{\frac{S}{0.096} + \frac{0.096}{S} + 2 \times 0.096}$

解得 $S = 0.020 \le S_K$ 电机能够正常运行

转速 $n = n_1(1-s) = 1470r/\min$

电机学第十章

10-2 有一台三相笼型异步电动机，额定参数：380V、50Hz、1455r/min、三角形连接，每相参数：$r_1=r'_2=0.072\Omega$、$x_1=x'_2=0.2\Omega$、$r_m=0.7\Omega$、$x_m=5\Omega$，试求：

（1）在额定电压下直接起动时，起动电流倍数、起动转矩倍数和功率因数？

（2）应用星形-三角形起动时，起动电流倍数、起动转矩倍数和功率因数？

解：（1） $s_N=\dfrac{n_1-n_N}{n_1}=\dfrac{1500-1455}{1500}=0.03$，**设** $\dot{U}_1=380\angle 0^\circ$，根据 T 型等效电路可得：

$$Z_1=r_1+jx_1=0.213\angle 70.2^\circ \qquad Z_m=r_m+jx_m=5.05\angle 82^\circ$$

$$Z'_{2s}=r'_2/s_N+jx'_2=2.4+j0.2=2.41\angle 5.2^\circ \qquad c_1=1+\frac{x_1}{x_m}=1+\frac{0.2}{5}=1.04$$

$$\dot{I}_N=\frac{\dot{U}_1}{Z_1+Z_m//Z'_{2s}}=\frac{380\angle 0^\circ}{0.213\angle 70.2^\circ+2.01\angle 27.7^\circ}=175\angle -31.6^\circ$$

$$T_N=\frac{m_1p}{\omega_1}U_1^2\frac{r'_2/s_N}{(r_1+c_1r'_2/s_N)^2+(x_1+c_1x'_2)^2}$$

$$=\frac{3\times 2}{6.28\times 50}\times\frac{3\times 2\times 380^2\times 0.072/0.03}{(0.072+1.04\times 0.072/0.03)^2+(0.2+1.04\times 0.2)^2}$$

$$=979.5(Nm)$$

$$\dot{I}_{st}=\frac{\dot{U}_1}{(r_1+r'_2)+j(x_1+x'_2)}=\frac{380\angle 0^\circ}{(0.072+0.072)+j(0.2+0.2)}=894\angle -70.2^\circ(A)$$

$$\cos\theta_{1st}=\cos(-70.2^\circ)=0.34$$

$$T_{st}=\frac{m_1p}{\omega_1}U_1^2\frac{r'_2}{(r_1+r'_2)^2+(x_1+x'_2)^2}=2.89(Nm)$$

∴直接起动时： $K_I=\dfrac{I_{st}}{I_N}=\dfrac{894}{175}=5.1(倍)$ $\qquad K_{st}=\dfrac{T_{st}}{T_N}=\dfrac{2.89}{979.5}=0.003(倍)$

（2）采用星形起动时：

$$\dot{I}_{st}=\frac{\dot{U}_1}{(r_1+r'_2)+j(x_1+x'_2)}=\frac{(380/\sqrt{3})\angle 0^\circ}{(0.072+0.072)+j(0.2+0.2)}=516\angle -70.2^\circ(A)$$

$$\cos\theta_{1st}=\cos(-70.2^\circ)=0.34$$

∴ 星 形 - 三 角 形 起 动 时 ： $K'_I=\dfrac{K_I}{3}=\dfrac{5.1}{3}=1.7(倍)$

$$K'_{st}=\frac{K_{st}}{3}=\frac{0.003}{3}=0.001(倍)$$

10.3

解：（1）当起动转矩最大时，有 $s_k=1$

修正系数 $c_1=1+\frac{x_1}{x_m}=1.04$

则由 $s_k=\frac{c_1r_2'}{\sqrt{r_1^2+(x_1+c_1x_2')^2}}=1$

解得 $r_2'=0.3984$

则需串电阻为 $r_\Delta=r_2'-r_2=0.326\Omega$

此时起动电流为 $I_{st}=\frac{U_1}{r_1+r_m+j(x_1+x_m)}+\frac{U_1}{c_1r_1+c_1^2r_2'+j(c_1x_1+c_1^2x_2')}=598.9A$

（2）当需要限制起动电流不超过额定电流的 2 倍时

即 $I_{st}<2I_N$

$$I_N=\frac{U_1}{r_1+r_m+j(x_1+x_m)}+\frac{U_1}{c_1r_1+c_1^2\frac{r_2}{s}+j(c_1x_1+c_1^2x_2')}$$

$$I_{st}=\frac{U_1}{r_1+r_m+j(x_1+x_m)}+\frac{U_1}{c_1r_1+c_1^2r_2'+j(c_1x_1+c_1^2x_2')}$$

由上面三式可以解得

$r_2'>1.047\Omega$

即每相回路中的电阻最小为 1.047

此时的起动转矩为 $T_{st}=\frac{m_1p}{\omega_1}U_1^2\frac{r_2'}{(r_1+c_1r_2')^2+j(x_1+c_1x_2')^2}=651.3N\cdot m$

起动转矩倍数 2

10.6

解：（1）额定转速差为 $S_N=\frac{n_1-n_N}{n_1}=\frac{1500-1470}{1500}=0.02$

速度降至 $1300r/\min$ 时的转速差为 $S'=\frac{n_1-n_2}{n_1}=\frac{1500-1300}{1500}=0.1333$

则每相串入调速电阻的阻值为 $r_{\Delta}=(\frac{s^{'}}{s}-1)r_2^{'}=5.667r_2^{'}$

$$P_{cu2}=\frac{s_N}{1-s_N}P_N=0.612kW$$

$$r_2^{'}=\frac{P_{cu2}}{3I^2}=0.07695\Omega$$

则 $r_{\Delta}=0.4361\Omega$

（2）调速电阻上功率损耗为 $P_{\Delta}=3I^2r_{\Delta}=3.745kW$